

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2005 年 7 月 21 日 (21.07.2005)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2005/066877 A1

- (51) 国際特許分類: G06K 1/12, G03H 1/04
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/019072
- (22) 国際出願日: 2004 年 12 月 21 日 (21.12.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2004-000801 2004 年 1 月 6 日 (06.01.2004) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): TDK 株式会社 (TDK CORPORATION) [JP/JP]; 〒1038272 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 塚越 拓哉

(TSUKAGOSHI, Takuya) [JP/JP]; 〒1038272 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 TDK 株式会社内 Tokyo (JP). 吉成 次郎 (YOSHINARI, Jiro) [JP/JP]; 〒1038272 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 TDK 株式会社内 Tokyo (JP). 三浦 栄明 (MIURA, Hideaki) [JP/JP]; 〒1038272 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 TDK 株式会社内 Tokyo (JP). 水島 哲郎 (MIZUSHIMA, Tetsuro) [JP/JP]; 〒1038272 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 TDK 株式会社内 Tokyo (JP).

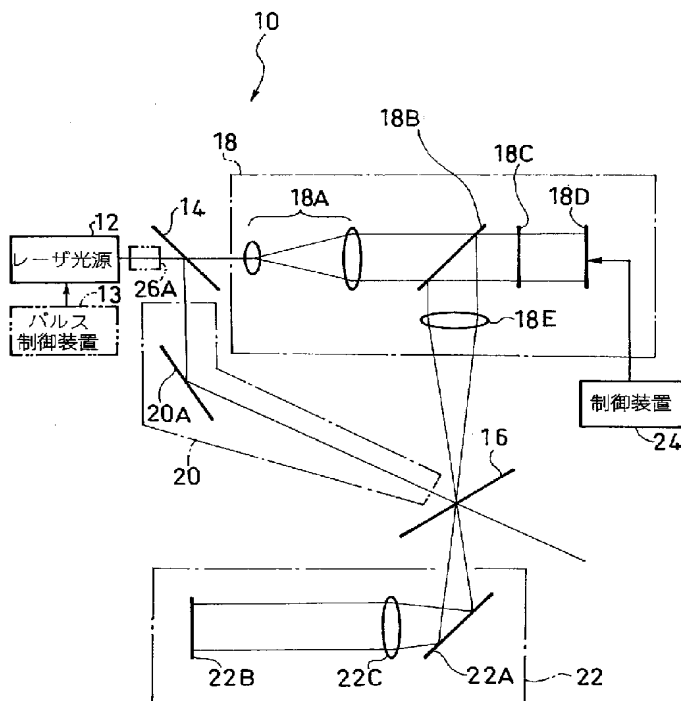
(74) 代理人: 松山 圭佑, 外(MATSUYAMA, Keisuke et al.); 〒1510053 東京都渋谷区代々木二丁目 1 0 番 1 2 号 南新宿ビル Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,

[続葉有]

(54) Title: HOLOGRAPHIC RECORDING METHOD AND HOLOGRAPHIC RECORDING DEVICE

(54) 発明の名称: ホログラフィック記録方法及びホログラフィック記録装置



(57) Abstract: A holographic recording device (10) controls a reflection type spatial light modulator (DMD18D) by a control device (24) so as to reflect an object light in an object optical system (18) selectively in the exposure direction for coming into a holographic recording medium (16) or a non-exposure direction for not coming into the holographic recording medium (16) for each pixel in accordance with the data page to be recorded. Simultaneously with this, the holographic recording device (10) realizes multi-stage recording of gray scale by performing gradation exposure of (N + 1) stages wherein the exposure time required for ON pixel of one pixel of the data page is  $t_0$  and one exposure time  $t_1$  is the aforementioned  $t_0$  divided by an integer N not smaller than 2.

(57) 要約: ホログラフィック記録装置 10 は、物体光学系 18 での物体光を、記録すべきデータページに対応して、画素毎に、ホログラフィック記録媒体 16 に入射する露光方向又は入射しない非露光方向に選択的に反射するように、反射型空間光変調器 (DMD 18D) を制御装置 24 により制御し、且つ、データページの 1 画素を ON ピクセルとするのに必要な露光時間を  $t_0$  としたとき、1 回の露光時間  $t_1$  を、前記  $t_0$  を 2 以上の整数 N で分割した時間として、(N + 1) 段階の階調露光をして、グレイスケールの多段階記録を実現する。

12... LASER LIGHT SOURCE  
13... PULSE CONTROL DEVICE  
24... CONTROL DEVICE



DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE,

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

### ホログラフィック記録方法及びホログラフィック記録装置

#### 技術分野

[0001] この発明は、物体光と参照光とをホログラフィック記録媒体に照射して、その記録層に干渉縞によってデータページを記録するホログラフィック記録方法及び装置に関する。

#### 背景技術

[0002] この種のホログラフィック記録方法及び装置として、記録すべきデジタル情報を2次元のビットマップパターンに変換し、このパターンを光の強度変調として物体光に付与することによって、データページとして記録するようにするものがある。

[0003] ここで、前記ビットマップパターンを光の強度変調とする場合、通常、空間光変調器が用いられるが、この空間光変調器は、画素毎にON・OFFの2階調に物体光を強度変調すると記録密度が少ないため、従来は、グレイスケール(いわゆる多値記録)によって記録密度及びデータレートを向上する試みがなされている。

[0004] 上記のように、グレイスケールを形成する方法としては、強度変調のコントラストを分割する方法及び露光時間を分割する方法あるいはこれらを組み合わせる方法がある。

[0005] 又、G. W. Burr et al., Opt. Lett. 23(15)1218-1220(1998)に記載されるように、上記のようなグレイスケールは、DVD(デジタルバーサタイルディスク)等のようなビットバイビット(bit-by-bit)のデジタルデータ記録のみならず、ホログラフィックメモリのようなページ型データへも適用可能である。

[0006] 更に、通常、レーザ光源から出射されたレーザ光のビーム径における強度分布は、一般にガウス分布に近くなっているので、物体光学系で伝搬される物体光もガウス分布である。

[0007] 従って、空間光変調器で強度変調された直後の物体光は、図9に示されるように、ビーム中心から離れるほど強度が弱くなる。

[0008] このような物体光を用いてホログラフィック記録媒体にデータページが記録された場

合、その再生時にも、撮像素子においては、同様の画像が再生されるため、画像検出後にガウス分布の重畳を電氣的に補正する必要がある。

[0009] しかしながら、撮像素子には検出光量に依存しない固定ノイズがあるため、暗くなった画素を強調すると固定ノイズも強調されて、画像のSNRが低下してしまうという問題点がある。

[0010] これに対して、従来、H. J. Coufal et al. , “Holographic Data Storage”, Springer-Verlag (2000), p369〜381に記載されるように、空間光変調器で照射される前の物体光を整形するアポダイゼーションという技術が提案されている。

[0011] 上記のグレイスケールを形成する方法としての、強度変調のコントラストを分割する方法は、強度変調の手段としての空間光変調器が偏光制御型のデバイス(液晶ディスプレイ等)に限定されてしまい、DMD(デジタルミラーデバイス)のような直接反射型の空間光変調器は利用することができない。

[0012] この方法の第2の問題点として、階調表示に高精度の忠実性が要求され、更に、空間光変調器から撮像素子への画像転送は、画素単位の解像度が要求されるので、液晶空間光変調器の残像や滲みはグレイスケールの画素間クロストークに強く影響する。

[0013] ところが、この方法では、画素が伝搬する光量を高速度で変調しなければならないので、液晶のようにアナログ的要素を含むデバイスでは、高速動作に追従できず、残像や滲みの影響を受けてしまうという問題点がある。

[0014] 又、前記H. J. Coufal et al. に記載されるアポダイゼーションという技術は、レンズ等の光学部品を用いてガウス分布のビーム強度を再配分してビーム半径方向に階段関数的な強度分布とするものであるが、光学部品が高価であると共に、光学系の自由度を制限してしまうという問題点がある。

## 発明の開示

[0015] この発明は上記問題点に鑑みてなされたものであって、ON・OFFの2階調に物体光を強度変調する反射型空間光変調器を用いて、グレイスケールの多段階記録を実現することができるホログラフィック記録方法及び装置を提供することを目的とする。

- [0016] 又、高価な光学部品を用いることなく、アポダイゼーションをすることができるようにしたホログラフィック記録方法及び装置を提供することを目的とする。
- [0017] 本発明者は、鋭意研究の結果、物体光の強度変調手段として、例えばデジタルマイクロミラーデバイスからなる反射型空間光変調器を用いて、露光時間を分割することによって、グレイスケールの多階調記録を実現できることが分かった。
- [0018] 即ち、以下の本発明により上記目的を達成するものである。
- [0019] (1) 物体光を物体光学系を介して、且つ、参照光を参照光学系を介して、それぞれホログラフィック記録媒体の記録層に照射して、干渉縞によるデータページを記録するホログラフィック記録方法であって、前記物体光学系での物体光を、記録すべきデータページに対応して、画素毎に、前記ホログラフィック記録媒体に入射する露光方向又は、前記ホログラフィック記録媒体に入射しない非露光方向に、選択的に反射するように制御し、且つ、データページの1画素に相当する記録層の領域を略100%露光するのに必要な露光時間を $t_0$ としたとき、1回の露光時間 $t_1$ を、前記 $t_0$ を2以上の整数Nで分割した時間とし、(N+1)段階の階調露光をすることを特徴とするホログラフィック記録方法。
- [0020] (2) データページの画素毎に、反射方向を切換制御可能にマイクロミラーを配列してなるマイクロミラーデバイスにより、前記物体光の露光方向又は非露光方向の反射を、画素毎に制御することを特徴とする(1)に記載のホログラフィック記録方法。
- [0021] (3) 前記物体光及び参照光の光源のパルス発光、前記物体光の光路の間欠的な遮断、前記物体光及び参照光の光源光の間欠的な遮断のいずれかによって物体光をパルス化することにより、前記1回の露光時間 $t_1$ のパルス露光をすることを特徴とする(1)又は(2)に記載のホログラフィック記録方法。
- [0022] (4) 前記反射直前での、前記物体光のビーム強度分布を(N+1)段階の領域に分割し、前記反射後における物体光のビーム強度分布が略均一となるように、前記露光時間 $t_0$ 内での時間 $t_1$ の露光回数を、前記領域毎に制御することを特徴とする(1)、(2)又は(3)に記載のホログラフィック記録方法。
- [0023] (5) レーザ光源と、このレーザ光源からのレーザ光を物体光及び参照光に分岐する第1の偏光ビームスプリッタと、前記物体光をホログラフィック記録媒体に導く物体光

学系と、前記参照光を前記ホログラフィック記録媒体に導く参照光学系と、を有してなり、前記物体光学系は、前記物体光を透過又は反射する第2の偏光ビームスプリッタと、この第2の偏光ビームスプリッタを透過した物体光を、記録すべきデータページの画素毎に強度を変調し、且つ、前記第2の偏光ビームスプリッタに向かう露光方向又はこれと異なる非露光方向に選択的に反射可能な反射型空間光変調器と、前記第2の偏光ビームスプリッタと反射型空間光変調器の間の光路上に配置された1/4波長板と、を有してなり、前記反射型空間光変調器及び前記第2の偏光ビームスプリッタにより反射された物体光と前記参照光とが前記ホログラフィック記録媒体内で干渉するようにされ、前記反射型空間光変調器は、前記データページの1画素に相当する記録層の領域を略100%露光するのに必要な露光時間を $t_0$ としたとき、1回の露光時間 $t_1$ を、前記 $t_0$ を2以上の整数Nで分割した時間としたときに、露光時間 $t_0$ 内で少なくともN回、露光方向に反射可能とされたことを特徴とするホログラフィック記録装置。

[0024] (6) 前記反射型空間光変調器は、データページの画素毎に反射方向を切換制御可能なマイクロミラーを配列してなるマイクロミラーデバイスにより構成されたことを特徴とする(5)に記載のホログラフィック記録装置。

[0025] (7) 前記レーザ光源は、前記反射型空間光変調器における1回の露光時間 $t_1$ と略等しいパルス幅でパルス発光可能とされたことを特徴とする(5)又は(6)に記載のホログラフィック記録装置。

[0026] (8) 前記レーザ光源と前記第1の偏光ビームスプリッタとの間に、前記反射型空間光変調器における1回の露光時間 $t_1$ と略等しいパルス幅でレーザ光を通過させ、且つ、パルス間では遮断するビーム遮断手段を設けたことを特徴とする(5)又は(6)に記載のホログラフィック記録装置。

[0027] (9) 前記反射型空間光変調器における画素毎の、露光時間 $t_0$ における露光回数を制御する制御装置を設けてなり、該制御装置は、前記反射型空間光変調器での反射後のビーム強度分布が略均一となるように画素毎の、露光時間 $t_0$ における露光回数を制御するようにされたことを特徴とする(5)乃至(8)のいずれかに記載のホログラフィック記録装置。

[0028] (10) 前記制御装置は、前記反射型空間光変調器へ入射直前の物体光のビーム強

度分布を $(N+1)$ 段階の領域に分割したときの各領域のビーム強度分布情報に基づいて、前記反射後における物体光のビーム強度が略均一となるように、前記露光回数を制御するようにされたことを特徴とする(9)に記載のホログラフィック記録装置。

### 図面の簡単な説明

- [0029] [図1]本発明の実施例1に係るホログラフィック記録装置を示す光学系統図  
[図2]同実施例1の装置により記録すべきデータページの例を示す模式図  
[図3]実施例1のDMDにおける1回目の分割露光時におけるマイクロミラーの露光反射及び非露光反射の状態を示す模式図  
[図4]同2回目の露光反射及び非露光反射の状態を示す模式図  
[図5]同DMDの特定のマイクロミラーによる露光反射の過程を時間軸に沿って示す線図  
[図6]本発明の実施例2によるアボダイゼーションの方法を、露光強度と時間の関係で示す線図  
[図7]同実施例2の方法で露光回数が調整された場合の、データページの画素に対応したDMDでの反射光量の分布を示す模式図  
[図8]同実施例2の方法によって記録されたデータページを示す模式図  
[図9]一般的なレーザ光のビーム径における光強度分布を示す線図

### 発明を実施するための最良の形態

- [0030] ホログラフィック記録方法及び装置において、物体光学系での物体光を、記録すべきデータページに対応して、画素毎に、ホログラフィック記録媒体に入射する露光方向又は入射しない非露光方向に選択的に反射するように制御し、且つ、データページの1画素をONピクセルとするのに必要な露光時間を $t_0$ としたとき、露光方向への1回の反射による露光時間 $t_1$ を、前記 $t_0$ を2以上の整数 $N$ で分割した時間として、 $(N+1)$ 段階の階調露光をすることにより、上記目的を達成する。

### 実施例 1

- [0031] 以下図1を参照して、本発明の実施例1に係るホログラフィック記録装置10について説明する。
- [0032] このホログラフィック記録装置10は、レーザ光源12と、このレーザ光源12からのレ

ーザ光を物体光及び参照光に分岐する第1の偏光ビームスプリッタ14と、前記第1の偏光ビームスプリッタ14において透過した偏光、例えばp偏光である物体光をホログラフィック記録媒体16に導く物体光学系18と、前記第1の偏光ビームスプリッタ14を反射された偏光、例えばs偏光である参照光を前記ホログラフィック記録媒体16に導く参照光学系20と、前記ホログラフィック記録媒体16において発生する回折光からデータページを再生する結像光学系22と、制御装置24とを備えて構成されている。

[0033] 前記物体光学系18は、前記第1の偏光ビームスプリッタ14を透過したp偏光のビーム径を拡大するためのビームエキスパンダ18Aと、このビームエキスパンダ18Aによってビーム径を拡大されたp偏光を透過し、且つs偏光はこれを反射するようにされた第2の偏光ビームスプリッタ18Bと、前記第2の偏光ビームスプリッタ18Bを透過した物体光の光路上にあつて、該物体光の位相を $\pi/4$ 変調する1/4波長板18Cと、この1/4波長板18Cを透過した物体光を前記データページの画素毎に1/4波長板18C及び第2の偏光ビームスプリッタ18Bを介して、前記ホログラフィック記録媒体16を照射する方向(露光方向)に反射するか、又は他の方向(非露光方向)に反らして反射するかによって、入射した物体光を空間光変調するための反射型空間光変調器であるDMD(デジタルマイクロミラー)18Dと、このDMD18Dにおいて反射され、前記1/4波長板18Cを前記とは逆方向に透過して、且つ第2の偏光ビームスプリッタ18Bで反射された物体光をフーリエ変換すると共に、前記ホログラフィック記録媒体16近傍で焦点を結ぶようにされたフーリエレンズ18Eとから構成されている。

[0034] 前記参照光学系20は、前記第1の偏光ビームスプリッタ14において反射されたs偏光である参照光を、前記ホログラフィック記録媒体16に向けて反射するミラー20Aを備えて構成されている。

[0035] 前記結像光学系22は、前記ホログラフィック記録媒体16から発生する回折光を側方に反射するミラー22Aと、撮像素子22Bと、前記ミラー22Aで反射された回折光を前記撮像素子22Bの受光面に結像させるための結像レンズ22Cとを備えて構成されている。

[0036] 次に、前記ホログラフィック記録装置10により、ホログラフィック記録媒体16にデータページを記録する過程について説明する。



- [0037] レーザ光源12から出射されたレーザ光は、第1の偏光ビームスプリッタ14において、これを透過するp偏光である物体光と、反射するs偏光である参照光とに分岐される。
- [0038] 参照光は、s偏光のままで、ミラー20Aで反射され、ホログラフィック記録媒体16に入射する。
- [0039] 物体光は、物体光学系18におけるビームエキスパンダ18Aによってそのビーム径を拡大された後、前記第2の偏光ビームスプリッタ18Bに入射し、これをp偏光のまま透過して、1/4波長板18Cを経てDMD18Dに到達する。
- [0040] DMD18Dでは、制御装置24によって、画素毎にマイクロミラーが制御され、3段階の階調表示(詳細後述)がなされる。
- [0041] 1/4波長板18Cは、その光軸がp偏光の振動面に対して45° 傾いた状態で置かれていて、DMD18Dで露光方向に反射された物体光は、1/4波長板18Cを透過することによって、DMD18Dへの入射時の位相シフト $\pi/4$ と反射時の位相シフト $\pi/4$ の合計で $\pi/2$ の位相シフトが生じ、s偏光となって、第2の偏光ビームスプリッタ18Bに入射する。
- [0042] 第2の偏光ビームスプリッタ18Bはs偏光を反射するので、s偏光としての物体光は、フーリエレンズ18E方向に反射され、該フーリエレンズ18Eによってフーリエ変換され、且つホログラフィック記録媒体16近傍の焦点に向かって収束され、ここで、前記参照光と干渉することによって、データページを干渉縞として記録することになる。
- [0043] 前記反射型空間光変調器であるDMD18Dは、反射方向を切換制御可能なマイクロミラーを備えて構成されていて、制御装置24によりマイクロミラー毎にその反射角度を、前記露光方向又は非露光方向に切換制御されるようになっている。
- [0044] 又、前記露光方向への1回の反射による露光時間 $t_1$ は、データページの1画素に相当する記録層の領域を略100%露光するのに必要な露光時間を $t_0$ としたとき、前記 $t_0$ を2以上の整数Nで分割した時間とされている。
- [0045] ここでは、制御装置24は、前記露光時間 $t_0$ を分割する整数Nが2と設定されている。従って、例えば目標値として、図2(A)～(C)に示されるように、ビットマップ画像における各画素を3段階の階調表示となるようにするものである。

- [0046] 図2において、白抜きの画素は物体光を前記第2の偏光ビームスプリッタ18B方向、即ち露光方向に反射するONピクセル、黒色の画素は物体光を前記露光方向と異なる方向に反射するかあるいは遮断するOFFピクセル、グレイの画素はその両者の中間段階の、グレイスケールピクセルを表示するものとする。
- [0047] 目標値として、図2(A)、(B)、(C)に示される順で、各画素を制御する場合、この実施例1では、図3に示されるビットマップ画像と図4に示されるビットマップ画像での2回の露光時間に分けて露光し、その和が図2に示されるビットマップ画像の状態(目標値)となるようにする。
- [0048] 例えば、図2における画素E4及びC3の場合の、伝播光量と時間との関係を図5に示す。図5において、露光時間 $t_1$ は、 $t_1 = t_0 / 2$ とされる。
- [0049] 例えば、画素E4では、図3(A)に示されるように、露光時間 $t_1$ の1回目の露光及び図4(A)に示される次の露光時間 $t_1$ で2回目の露光をし、更に、パルス間隔時間 $t_{int}$ の後に、図3(B)に示されるように露光時間 $t_1$ 露光し、図4(B)、図3(C)及び図4(C)に示されるように、後の露光がなく、これによって、図2(A)、(B)、(C)のそれぞれの画素E4に示されるようなONピクセル、グレイピクセル、OFFピクセルの状態を形成する。
- [0050] 同様にして、画素C3についても、グレイピクセル、OFFピクセル、ONピクセルの順で表示される。
- [0051] なお、上記実施例1では、データ画像であるデータページを、ONピクセル、グレイピクセル及びOFFピクセルの3階調で表現しているため、1枚のデータページを2回の露光時間の照射で記録しているが、再生データページのSMRに余裕があれば、更に多階調とすることができる。即ち、露光時間 $t_0$ を2以上の整数Nで分割した時間を1回の露光時間 $t_1$ とすれば、N+1階調で表現することができる。
- [0052] なお、上記図4、図5におけるビットマップ画像では、(A)から(B)、更には(B)から(C)との間の時間 $t_{int}$ では、ホログラフィック記録媒体16への露光は行なわれないので、必要に応じて、物体光をパルス状に制御するとよい。
- [0053] 例えば、図1において符号26Aで示されるように、レーザ光源12をパルス制御するパルス制御装置13を設け、前記DMD18Dにおける1回の露光時間 $t_1$ と略等しいパ

ルス幅でレーザ光源12をパルス発光させるようにしてもよい。この場合、前記パルス制御装置13と制御装置24は、同期させる必要がある。

[0054] 又、例えば、図1において二点鎖線で示されるように、電磁シャッター等からなるビーム遮断手段26Aを、レーザ光源12と第1の偏光ビームスプリッタ14との間、あるいは、物体光学系18中に介在させ、DMD18Dと同期して、レーザ光あるいは物体光をON・OFFさせるようにしてもよい。

[0055] なお、ビーム遮断手段26Aをレーザ光源12の直後に設けたり、レーザ光源12をパルス制御装置13によってパルス発光するようにすれば、参照光による無駄な露光を回避することができるので好ましい。

## 実施例 2

[0056] 次に、本発明の実施例2について、図6ー図8を参照して説明する。

[0057] この実施例は、レーザ光源から出射されたレーザ光のビーム径における強度分布がガウス分布となっているとき、これを高価な光学部品を用いることなく、反射型空間光変調器の露光時間分割によるアポダイゼーションを用いて強度分布を均一化する方法についてのものである。

[0058] 例えば、物体光の光路上で、前記DMD18Dに入射する直前の、ビーム径における強度分布が図9に示されるとおりであったとして、ビーム中心からビーム径の半径方向外側に向かって光量(光強度)は、領域 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 、 $\delta$ の順に、 $(P_0 \sim P_1) \rightarrow (P_1 \sim P_2) \rightarrow (P_2 \sim P_3) \rightarrow (P_3 \sim P_4)$ へと小さくなる。

[0059] このような各光強度の領域 $\alpha \sim \delta$ に対応して、この実施例2においては、DMD18Dにおける露光時間 $t_1$ の回数を、例えば、領域 $\alpha$ においては少なく(1回)、領域 $\beta$ 、 $\gamma$ 、 $\delta$ の順で、2回、3回、4回と増大して、ホログラフィック記録媒体16における露光強度の分布を均一とするものである。

[0060] このような露光方向への反射回数は、例えば、予めDMD18Dの入射側で物体光の強度分布を測定し、これに基づいて、図6に示されるような重み付けを制御装置24に入力しておく。

[0061] 更に具体的には、ビームの最大強度(通常はビーム中心の強度)と最小強度(通常は画像の四隅の強度)の差を4等分し、DMD18D上の各画素が4等分された光量

範囲のいずれかに属するかを決めればよい。

- [0062] 実際の記録時において、DMD18Dへ変調する際に、前記図6に示されるように、領域 $\alpha \sim \delta$ に属するONピクセルを表示する場合、強度・パルス幅共に均一なパルス光をそれぞれ1〜4回照射することにより、ホログラフィック記録媒体16へのホログラフィック記録を行なう。
- [0063] これは、前記実施例1におけるグレイスケールに例えれば、図7に示すような画像を記録するのと等価であり、この結果、もともとのガウス分布が画素毎のパルス回数の分布によって補正され、図8に示されるような均一な強度のONピクセルからなる良好な画像が形成される。
- [0064] なお、この実施例2においては、光学部品によるアポダイゼーションと比較して、データページ当たりの物体光強度は減少するが、レーザ光の出力を上げたり、露光時間を増やすことによって補うことができる。

#### 産業上の利用の可能性

- [0065] 本発明においては、反射型空間光変調器により露光時間を分割し、且つ、記録すべきデータページに対応して、画素毎に、入射する物体光の露光回数を制御して、多段階の階調露光をすることができるホログラフィック記録媒体を提供する。

## 請求の範囲

- [1] 物体光を物体光学系を介して、且つ、参照光を参照光学系を介して、それぞれホログラフィック記録媒体の記録層に照射して、干渉縞によりデータページを記録するホログラフィック記録方法であって、
- 前記物体光学系での物体光を、記録すべきデータページに対応して、画素毎に、前記ホログラフィック記録媒体に入射する露光方向又は、前記ホログラフィック記録媒体に入射しない非露光方向に、選択的に反射するように制御し、且つ、データページの1画素に相当する記録層の領域を略100%露光するのに必要な露光時間を $t_0$ としたとき、1回の露光時間 $t_1$ を、前記 $t_0$ を2以上の整数Nで分割した時間とし、(N+1)段階の階調露光をすることを特徴とするホログラフィック記録方法。
- [2] 請求項1において、データページの画素毎に、反射方向を切換制御可能にマイクロミラーを配列してなるマイクロミラーデバイスにより、前記物体光の露光方向又は非露光方向の反射を、画素毎に制御することを特徴とするホログラフィック記録方法。
- [3] 請求項1において、
- 前記物体光及び参照光の光源のパルス発光、前記物体光の光路の間欠的な遮断、前記物体光及び参照光の光源光の間欠的な遮断のいずれかによって物体光をパルス化することにより、前記1回の露光時間 $t_1$ のパルス露光をすることを特徴とするホログラフィック記録方法。
- [4] 請求項2において、
- 前記物体光及び参照光の光源のパルス発光、前記物体光の光路の間欠的な遮断、前記物体光及び参照光の光源光の間欠的な遮断のいずれかによって物体光をパルス化することにより、前記1回の露光時間 $t_1$ のパルス露光をすることを特徴とするホログラフィック記録方法。
- [5] 請求項1乃至4のいずれかにおいて、
- 前記反射直前での、前記物体光のビーム強度分布を(N+1)段階の領域に分割し、前記反射後における物体光のビーム強度分布が略均一となるように、前記露光時間 $t_0$ 内での時間 $t_1$ の露光回数を、前記領域毎に制御することを特徴とするホログラフィック記録方法。

[6] レーザ光源と、このレーザ光源からのレーザ光を物体光及び参照光に分岐する第1の偏光ビームスプリッタと、前記物体光をホログラフィック記録媒体に導く物体光学系と、前記参照光を前記ホログラフィック記録媒体に導く参照光学系と、を有してなり、

前記物体光学系は、前記物体光を透過又は反射する第2の偏光ビームスプリッタと、この第2の偏光ビームスプリッタを透過した物体光を、記録すべきデータページの画素毎に強度を変調し、且つ、前記第2の偏光ビームスプリッタに向かう露光方向又はこれと異なる非露光方向に選択的に反射可能な反射型空間光変調器と、前記第2の偏光ビームスプリッタと反射型空間光変調器の間の光路上に配置された1/4波長板と、を有してなり、

前記反射型空間光変調器及び前記第2の偏光ビームスプリッタにより反射された物体光と前記参照光とが前記ホログラフィック記録媒体内で干渉するようにされ、

前記反射型空間光変調器は、前記データページの1画素に相当する記録層の領域を略100%露光するのに必要な露光時間を $t_0$ としたとき、1回の露光時間 $t_1$ を、前記 $t_0$ を2以上の整数Nで分割した時間としたときに、露光時間 $t_0$ 内で少なくともN回、露光方向に反射可能とされたことを特徴とするホログラフィック記録装置。

[7] 請求項6において、

前記反射型空間光変調器は、データページの画素毎に反射方向を切換制御可能なマイクロミラーを配列してなるマイクロミラーデバイスにより構成されたことを特徴とするホログラフィック記録装置。

[8] 請求項6又は7において、

前記レーザ光源は、前記反射型空間光変調器における1回の露光時間 $t_1$ と略等しいパルス幅でパルス発光可能とされたことを特徴とするホログラフィック記録装置。

[9] 請求項6又は7において、

前記レーザ光源と前記第1の偏光ビームスプリッタとの間に、前記反射型空間光変調器における1回の露光時間 $t_1$ と略等しいパルス幅でレーザ光を通過させ、且つ、パルス間では遮断するビーム遮断手段を設けたことを特徴とするホログラフィック記録装置。

[10] 請求項6又は7において、

前記反射型空間光変調器における画素毎の、露光時間 $t_0$ 内における露光回数を制御する制御装置を設けてなり、

該制御装置は、前記反射型空間光変調器での反射後のビーム強度分布が略均一となるように画素毎の、露光時間 $t_0$ 内における露光回数を制御するようにされたことを特徴とするホログラフィック記録装置。

[11] 請求項8において、

前記反射型空間光変調器における画素毎の、露光時間 $t_0$ 内における露光回数を制御する制御装置を設けてなり、

該制御装置は、前記反射型空間光変調器での反射後のビーム強度分布が略均一となるように画素毎の、露光時間 $t_0$ 内における露光回数を制御するようにされたことを特徴とするホログラフィック記録装置。

[12] 請求項9において、

前記反射型空間光変調器における画素毎の、露光時間 $t_0$ 内における露光回数を制御する制御装置を設けてなり、

該制御装置は、前記反射型空間光変調器での反射後のビーム強度分布が略均一となるように画素毎の、露光時間 $t_0$ 内における露光回数を制御するようにされたことを特徴とするホログラフィック記録装置。

[13] 請求項10において、

前記制御装置は、前記反射型空間光変調器へ入射直前の物体光のビーム強度分布を $(N+1)$ 段階の領域に分割したときの各領域のビーム強度分布情報に基づいて、前記反射後における物体光のビーム強度が略均一となるように、前記露光回数を制御するようにされたことを特徴とするホログラフィック記録装置。

[14] 請求項11において、

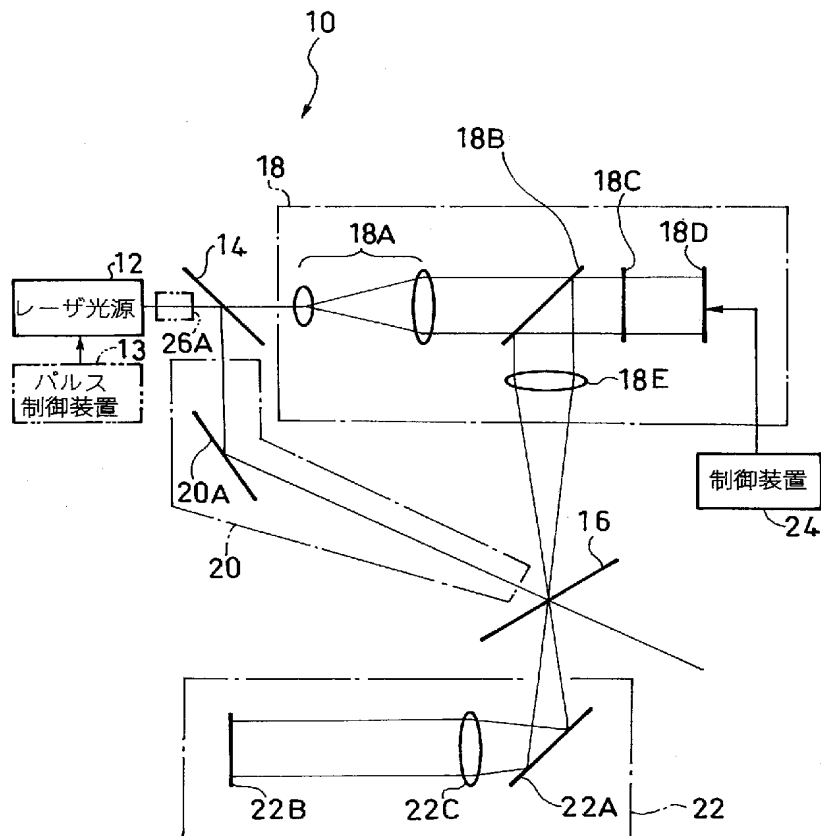
前記制御装置は、前記反射型空間光変調器へ入射直前の物体光のビーム強度分布を $(N+1)$ 段階の領域に分割したときの各領域のビーム強度分布情報に基づいて、前記反射後における物体光のビーム強度が略均一となるように、前記露光回数を制御するようにされたことを特徴とするホログラフィック記録装置。

[15] 請求項12において、

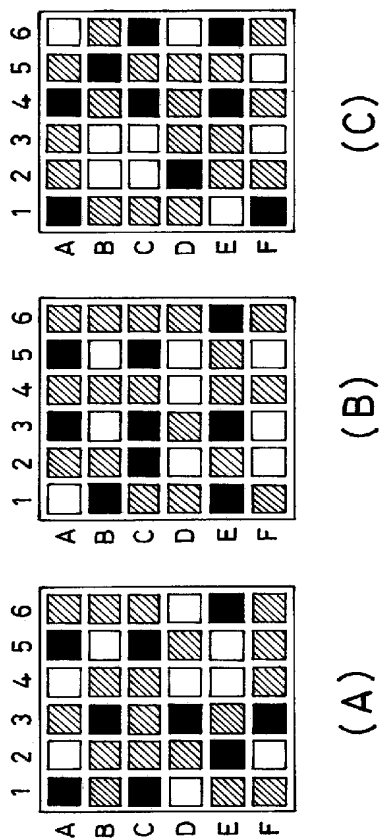
前記制御装置は、前記反射型空間光変調器へ入射直前の物体光のビーム強度分布を $(N+1)$ 段階の領域に分割したときの各領域のビーム強度分布情報に基づいて、前記反射後における物体光のビーム強度が略均一となるように、前記露光回数を制御するようにされたことを特徴とするホログラフィック記録装置。



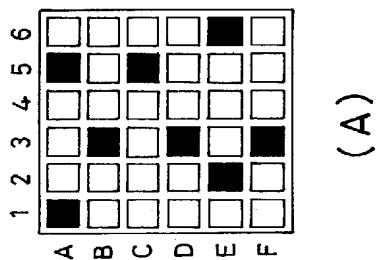
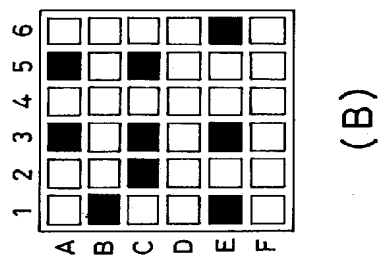
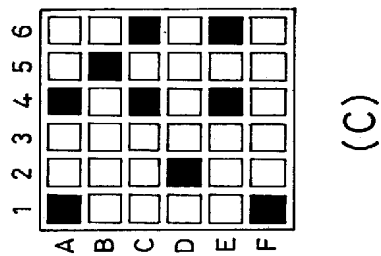
[図1]



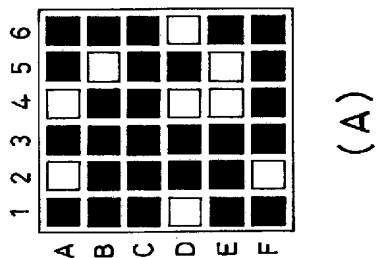
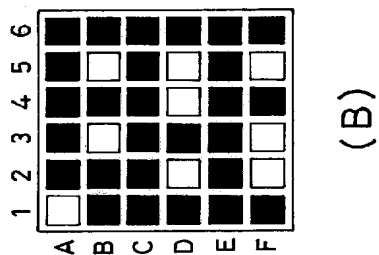
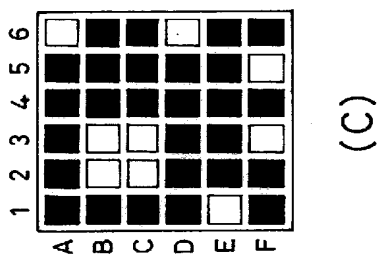
[図2]



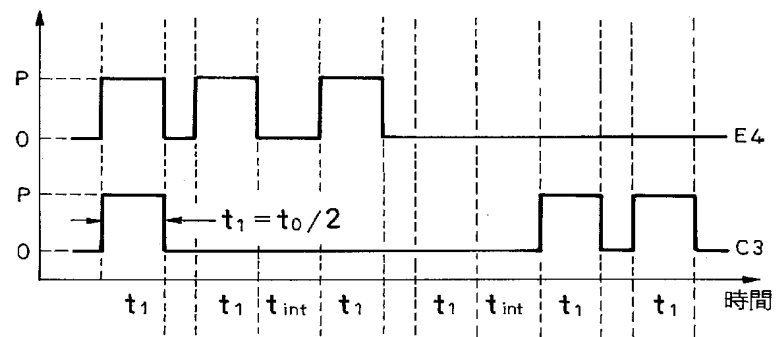
[図3]



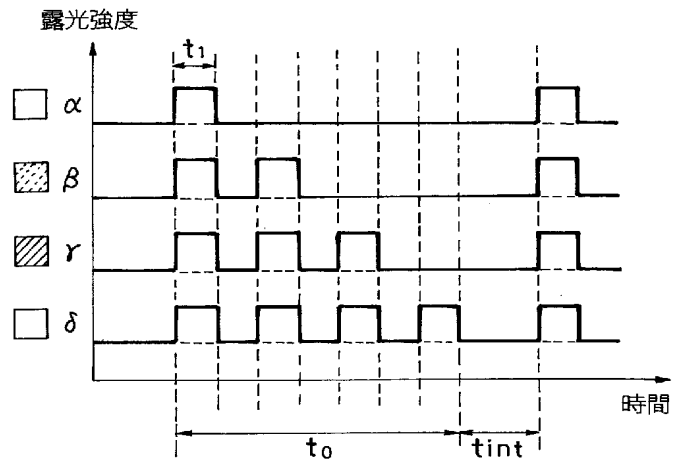
[図4]



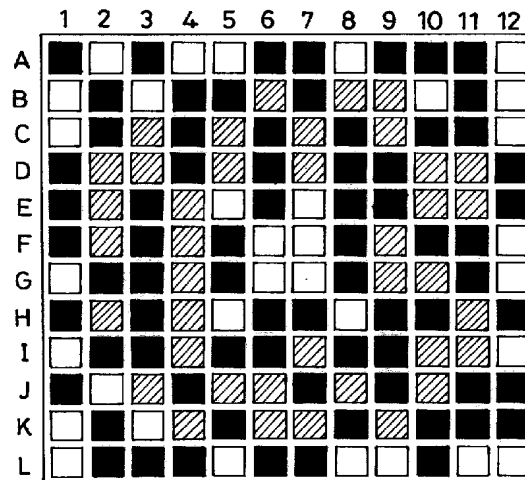
[図5]



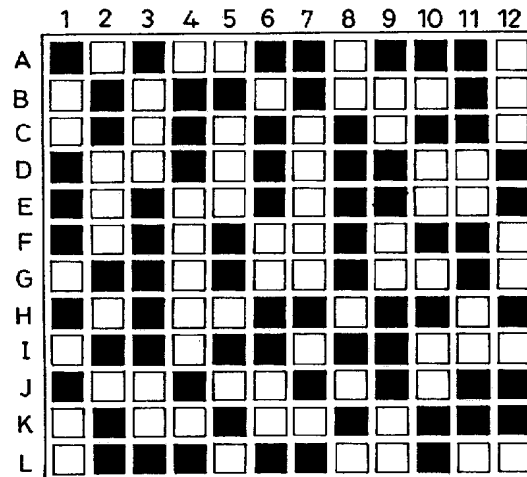
[図6]



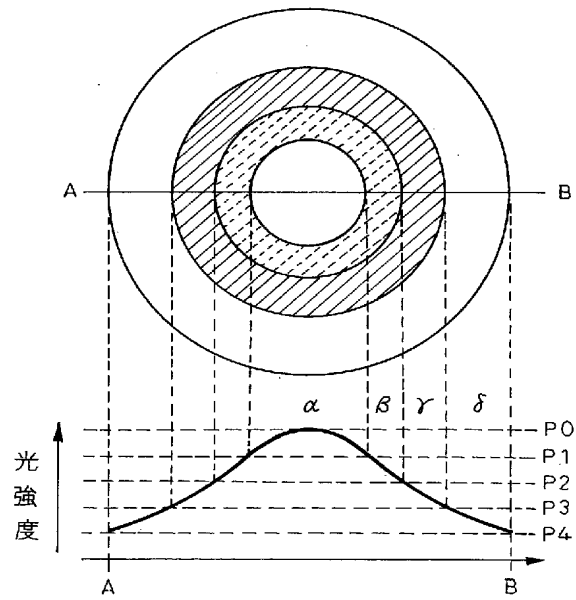
[図7]



[図8]



[図9]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/019072

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>7</sup> G06K1/12, G03H1/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl<sup>7</sup> G06K1/12, G03H1/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2005  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP S62-283385 A (Dainippon Printing Co., Ltd.), 09 December, 1987 (09.12.87), Full text; all drawings (Family: none)	1-15
A	JP 6-247083 A (Dainippon Printing Co., Ltd.), 06 September, 1994 (06.09.94), Full text; all drawings (Family: none)	1-15

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date  
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art  
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
18 March, 2005 (18.03.05)

Date of mailing of the international search report  
12 April, 2005 (12.04.05)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup>. G06K1/12, G03H1/04.

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup>. G06K1/12, G03H1/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P S 6 2 - 2 8 3 3 8 5 A (大日本印刷株式会社) 1987.12.09, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-15
A	J P 6 - 2 4 7 0 8 3 A (大日本印刷株式会社) 1994.09.06, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-15

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

18.03.2005

国際調査報告の発送日

12.4.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

梅澤 俊

5 N

8 2 2 6

電話番号 03-3581-1101 内線 3585